LES CARACTERISTIQUES CLIMATIQUES DE LA PLUIE POLLINIQUE DANS LA VALLEE DU GLADSTONE CREEK, CHAINE RUBY, TERRITOIRE DU YUKON

D. Lagarec et M.-A. Geurts

Département de Géographie
Université d'Ottawa
Ottawa (Ont.)
Canada
K1N 6N5

RESUME

L'étude décrit et compare les pluies polliniques des étés 1981 et 1982 recueillies dans deux sites de la vallée du Gladstone Creek, au sud ouest du Territoire du Yukon. Les apports de pollens locaux illustrent bien la composition de la toundra forestière environnante. Les apports régionaux essentiellement composés des pollens de Pinus et Alnus ne représentent qu'environ 10% des influx estivaux. Les apports exotiques restent inférieurs à 1%.

L'analyse des conditions synoptiques associées à l'étude du rythme hebdomadaire des influx polliniques démontre que dans la vallée, l'émission et le maintien en suspension dans l'air des pollens se font surtout par type de temps anticyclonique, que la sédimentation des pollens régionaux se réalise principalement par temps cyclonique et que les maxima tardifs de l'influx pollinique résultent d'une compression des masses d'air en période cyclonique, qui rabat au sol les pollens restés jusque là en suspension.

SUMMARY

The present study describes and compares the pollen rains of the summer of 1981 and 1982 at two sites in Gladstone Creek, Southwest Yukon. The local pollen influx reflects the composition of the forest-tundra around the two sites. The amount of regional pollens, essentially Pinus and Alnus, represents approximately 10% of the summer influx, while the exotic pollens account for less than 1%. The analysis of synoptic conditions in association with the study of weekly rythms in pollen influx demonstrates that, in the valley, the pollination and the dispersal of pollens occur mainly during anticyclonic conditions, that the sedimentation of regional pollens occurs during cyclonic conditions, and that the late secondary maxima are caused by a compression of air masses during cyclonic conditions which results in the deposition of the remaining airborne pollens.

INTRODUCTION

Cette étude a pour but de décrire et de comparer les pluies polliniques des étés 1981 et 1982 dans la Chaîne Ruby au sud-ouest du Territoire du Yukon, et d'examiner les relations existant entre les résultats palynologiques et l'interprétation des données météorologiques.

On discutera d'abord le contenu des spectres polliniques globaux des deux étés et ensuite la composition des influx polliniques hebdomadaires. De la même façon on décrira les types de temps qui surviennent dans cette région et l'allure globale des deux étés. Ensuite on mettra l'accent sur les successions météorologiques qui préciseront les caractéristiques climatiques de la sédimentation pollinique et expliqueront l'allure bimodale des valeurs de l'influx pollinique.

SITES ET ENVIRONNEMENTS DES STATIONS

La station palynologique et météorologique nommée "Divide" a été montée en 1981 au col de partage du Gladstone Creek et d'Isaak Creek à environ 1173 m d'altitude, sur une butte assez dégagée et parsemée de quelques épinettes (figure 1). La toundra forestière occupe les versants de la vallée autour du col. Une saulaie borde le lac à l'ouest de la station. Une peupleraie assez claire colonise la partie la plus élevée d'un grand cône alluvial qui constitue une part importante du versant nord du col. Une pessière claire en occupe la partie moyenne. Sur le versant sud de la vallée, les épinettes sont fréquentes, en particulier sur un glacier rocheux qui borde le col et le lac.

En 1982, la station palynologique et météorologique nommée "Rectangular Lake" a été dressée à 1 158 m d'altitude, dans la vallée du Gladstone Creek, sur le rebord du talus d'une terrasse qui domine d'environ 30 m un lac de forme

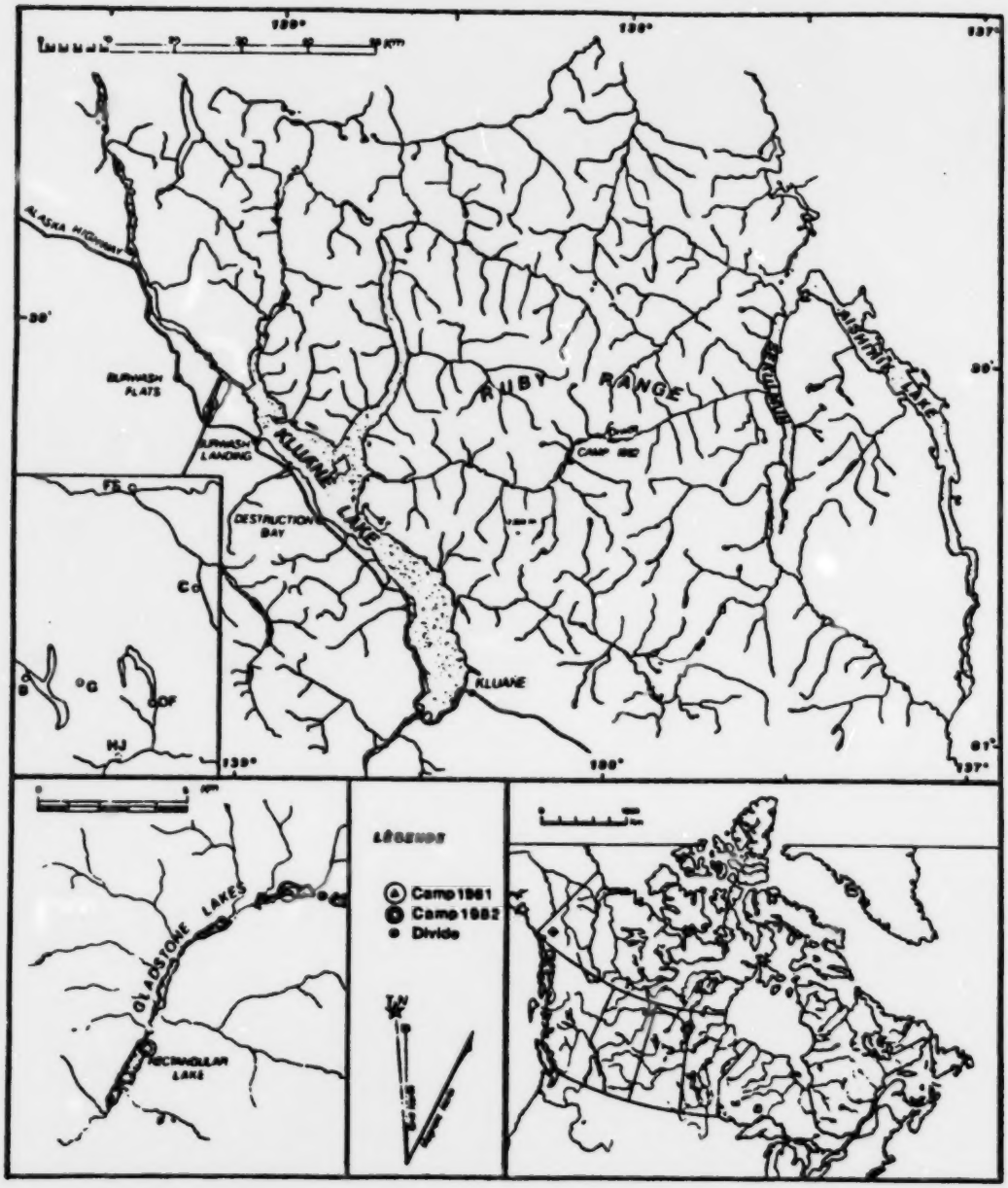

Figure no. 1: Cartes de localisation.

grossièrement rectangulaire. Des sédiments sableux et graveleux sont exposés sur le talus en pente d'environ 30° de la terrasse. Autour de cet affleurement les pentes douces supportent une prairie à chamaephytes où Juniperus communis est fréquent. Au nord-est de la station, la terrasse est couverte d'une saulaie d'où émergent quelques petits bosquets d'épinettes. Quelques peupliers poussent le long de la plage du lac sous la station. Une peupleraie existe à environ 1 km au nord-est et une autre s'étend à 2 km au sud-ouest de la station. Les versants de la vallée sont occupés par des saulaies avec des épinettes éparses ou en peuplement assez dense comme sur le versant sud-ouest du lac. Des zones marécageuses et tourbeuses bordent le lac ainsi que d'anciens chenaux qui incisent la surface de la terrasse.

Enfin notons encore qu'en 1982 une station météorologique a été placée au Divide pour avoir des données climatiques simultanées et détecter les variations locales dues aux orientations différentes des deux sites.

METHODES

La pluie pollinique a été recueillie par la méthode du bécher (Mullenders et al., 1972) dans des pots de polypropylène de 55,4 cm^2 d'ouverture et contenant 50 cm^3 d'un mélange composé de 2/3 glycérine et 1/3 eau, additionné de quelques gouttes de formol. Au laboratoire les échantillons ont été filtrés sur papier (Schleicher et Schüll, no. 589,5). Les filtres ont ensuite été dissous par une acétolyse précédée d'une attaque à l'acide fluorhydrique qui a éliminé les sables. Ces derniers étaient abondants dans les échantillons de Rectangular Lake car le rebord de la terrasse est affecté par une intense déflation éolienne qui remanie les particules fines de l'affleurement.

En ce qui concerne les données météorologiques, des stations automatiques de Weather Instruments Measurements étaient installées près des sites de relevé des pollens à la station Divide en 1981, et au Divide et à Rectangular Lake en 1982. Les données des autres stations météorologiques sont celles fournies par le Service de l'Environnement Atmosphérique d'Environnement Canada qui produit aussi des cartes synoptiques de surface journalières. Pour l'étude de la circulation atmosphérique générale, nous avons utilisé les cartes hypsométriques journalières de la surface de 500 mb établies à 7 heures HNE pour l'Amérique du Nord, par le US Department of Commerce.

LES SPECTRES POLLINIQUES GLOBAUX

La pluie pollinique a été recueillie pendant 10 semaines du 10 juin au 20 août 1981. En 1982, elle a été récoltée en 9 semaines du 19 juin au 20 août. Les tableaux no. 1 et no. 2 montrent les sommes polliniques hebdomadaires, les sommes des grains de chaque taxon pour l'ensemble de la saison et leurs fréquences relatives calculée par rapport au total des pollens et des spores recueillis, ce qui constitue les spectres polliniques globaux des deux sites.

1981

En 1981, à la station du Divide on a recueilli une somme pollinique totale de 9 106 grains de pollen et spores. L'influx pollinique a donc été de 164 grains par cm^2.

Le spectre pollinique global se compose de 89,7% de pollens locaux, dont les taxons existent à proximité de la station et ailleurs dans la vallée. Le spectre est dominé par les pollens de Picea, suivis de Salix, de Betula, et des Ericacées, tous présents près de la station. Cependant la faible

Divide 1981	D1	D2	D3	D4	D5	D6	D7	D8	D9	D10	Tot. tax.	Fréq. rel.
Alnus	210	35	12	2	6	4		86	4	416	775	8,5
Betula	273	43	4	8	18	14	11	274		861	1506	16,5
Salix	1449	160	24	1	9	3	1	8	2	109	1766	19,4
Picea	31	13		1	5	13	3	134		1687	1947	21,4
Juniperus	42	84	53	1	124	22	3	8		7	344	3,8
Larix		1						2		7	10	0,1
Populus		1						2			3	0,03
Pinus		1			1		1	12	1	129	145	1,6
Tilia								2		7	2	0,02
AP + Arbustes	2005	338	93	13	163	56	19	586	7	3216	6496	71,3
Graminées	10	12	4		65	18	10	10	4	61	194	2,1
Cypéracées	63	41	9		34	9	5	12	4	34	211	2,3
Ericacées	10	6	3		269	5	1	32		997	1323	14,5
Dryopteris								6		27	33	0,3
Ombellifères					3			10		246	259	2,8
Artemisia						12	12	62	3	109	198	2,1
Saxifragacées		42	3	5	22			16		13	101	1,1
Caryophyllacées	10	1	2	1	1	2		12	1	20	50	0,5
Ambrosia							1			7	8	0,08
Epilobium		4						8		13	25	0,2
Lycopodium										27	27	0,3
Indéterminées			1	1	4	2	1	6	1	7	23	0,2
Spores alètes	21					4				34	59	0,6
Sphagnum	10							4		20	34	0,4
Rosacées	10	2	1		7		1	4			25	0,2
Sp. monolètes		3				1					4	0,04
Urtica			4						1		5	0,05
Potamogeton			1					2			3	0,03
Spores trilètes					2						2	0,02
Typha								2			2	0,02
Galium								10			10	0,1
Renonculacées								4			4	0,04
Crucifères								2			2	0,02
Chénopodiacées								2			2	0,02
Tubuliflores								6			6	0,06
N A P	134	111	28	7	407	53	31	210	14	1615	2610	28,7
Totaux hebdomadaires	2139	449	121	20	570	109	50	796	21	4831	9106	100

Tableau no. 1: Fréquences absolues des divers taxons en 1981.

dominance de Picea (21,4%) traduit bien l'environnement de toundra forestière et non de forêt. En effet, si quelques épinettes existent à proximité de la station, elles ne constituent pas une forêt. La forêt d'épinette colonise le versant nord du col sur le cône alluvial et, malgré son faible éloignement, le spectre global du Divide n'est pas encombré par les pollens de Picea. Le spectre reconstitue plutôt la mosaïque de la végétation arbustive.

Les pollens d'Alnus et de Pinus représentent 10,1% du spectre global. Ces taxons sont régionaux car Alnus crispa, Alnus incana et Pinus contorta recensés au sud-ouest du Yukon, ne sont pas répertoriés dans les bassins du Gladstone Creek et d'Isaac Creek (Hultén, 1968). Jusqu'à présent nous n'avons pas trouvé Pinus dans la Chaîne Ruby. Alnus existe en peuplement relativement dense sur le flanc de la Chaîne de Kluane, mais nous n'en avons observé jusqu'à présent, qu'un seul pied dans la vallée du Cultus Creek à 22 km au sud de nos stations de la vallée du Gladstone Creek.

La station du Divide a reçu quelques pollens de taxons exotiques, Larix, Tilia et Ambrosia qui ensemble forment 0,2% du spectre global. Considérant la phytogéographie actuelle (Hosie, 1978), la source la plus proche en pollen de Tilia serait le sud de la Saskatchewan et du Manitoba. Larix lariciana var. Alaskensis (Wight) Raup n'a pas été répertorié dans la Chaîne Ruby ni dans la région du lac Kluane. On le trouve dans le bassin du fleuve Yukon en Alaska et dans la région de Watson Lake, ainsi que dans le bassin du fleuve Mackenzie (Hultén, 1968). Son aire de distribution entoure donc la Chaîne Ruby tant vers le nord que vers l'est-sud-est. La présence d'Ambrosiae reste énigmatique puisque leurs espèces allergènes sont recensées partout au Canada sauf dans le Territoire du Yukon (Bassett et al., 1978) et puisqu'elles ne sont citées ni dans la flore de l'Alaska (Hultén, 1968), ni dans celle des Territoires du Nord-Ouest (Porsild, 1980).

1982

En 1982, à la station de Rectangular Lake on a recueilli 9 860 pollens et spores, soit un influx pollinique de 177 grains par cm^2. Les apports locaux forment 92,7% du spectre global qui est dominé par Juniperus (25,2%) suivi de Salix et d'Artemisia. Ce spectre correspond bien à l'environnement proche de la station: la saulaie sur la terrasse et la prairie à chamaephytes sur le talus.

Les pollens régionaux (Alnus et Pinus) forment 6,4% du spectre global et les apports exotiques 0,9%. On y retrouve Tilia, Larix et Ambrosia auxquels s'ajoutent Thuja et Juglans. Thuja plicata est une essence commune en Colombie Britanique et au sud de l'Alaska vers 55°N (Hultén, 1968). Juglans cinerea existe au Manitoba et Juglans nigra au sud du Dakota (Elias, 1980). Juglans ailanthifolia Carrière est connu dans la "Coastal Douglas Fir" de Colombie Britanique mais est peu fréquent (Taylor et MacBryde, 1977).

Comparaisons des spectres globaux

A la suite de cette description, la comparaison des deux spectres globaux dégage leurs caractères communs. Les sommes polliniques et les influx polliniques sont sensiblement comparables. Malgré une récolte plus longue étalée sur 10 semaines en 1981, on constate une différence d'environ 7,4% dans la somme pollinique par rapport à celle de 1982. Cette différence s'explique d'abord par une variation des périodes de pollination[1] comme l'indique l'examen des spectres hebdomadaires, et dans une moindre mesure, par une légère perte de matière survenue lors du transport des échantillons liquides de 1981 jusqu'au laboratoire de l'Université d'Ottawa.

---

(1) Le terme pollination est utilisé pour désigner l'émission des pollens (Mullenders et al., 1972, et Lejoly-Gabriel, 1978). Il ne doit pas être confondu avec pollination qui englobe l'idée de fécondation.

Rectangular Lake 1982	R1	R2	R3	R4	R5	R6	R7	R8	R9	Tot. tax.	Fréq rel.
Picea	183	130	95	12	12	22	113	24	11	602	6,1
Pinacées Indéterminées	5		5							10	0,1
Salix	805	700	620	36	15	11	20	14	3	2224	22,5
Alnus	161	130	5		7	11	16	2	2	334	3,4
Betula	222	100	.	12	17	28	73	14	5	471	4,8
Pinus	44	46	130	20			3			303	3,1
Myrica	5	15	15			8	16			59	0,6
Juniperus	266	1576	570	68	15		10	4		2509	25,4
Populus	16			4	20		3	2		45	0,4
Thuja			10					6		16	0,1
Tilia				8			6			14	0,1
Juglans					2					2	0,02
Larix						2				2	0,02
Carya (?)						2				2	0,02
AP + Arbustes	1707	2697	1510	160	88	84	260	66	21	6593	66,9
Graminées	38	246	210	84	35	34	46	30	16	739	7,5
Cypéracées	127	176	75	32	7	11	13	12	2	455	4,6
Ericacées	11	23	5	32		14	10	2	10	97	1,0
Artemisia	27	246	470	160	57	80	80	48	1	1178	11,9
Equisetum	16	61	10	4			6			98	1,0
Rosacées	16	15	35			8	6			80	0,8
Thalictrum		7								7	0,07
Ambrosia		23	20	8		2	3		7	56	0,6
Typha		7				10	20	28		72	0,7
Caryophyllacées				40		2				42	0,4
Potamogeton				144	15				4	159	1,6
Sphagnum				8			10	2	1	24	0,2
Potentilla				32		17	36	4	3	90	0,9
Saxifragacées				4		2	6	4		19	0,2
Ombellifères				4		2	63		1	69	0,7
Tubuliflores					55	5		2		63	0,6
Botrychium							6	10		16	0,2
Légumineuses								2		2	0,02
Dryopteris								1		1	0,01
N A P	235	804	825	552	169	187	305	144	46	3267	33,1
Totaux hebdomadaires	1942	3501	2335	712	257	271	565	210	67	9860	100

Tableau no. 2: **Fréquences absolues des divers taxons en 1982.**

Les apports locaux s'élèvent à environ 89,7% au Divide et 92,7% à Rectangular Lake. C'est l'ensemble des pollens des taxons arbustifs qui forment la majorité des deux spectres. Par conséquent, on y reconnaît la mosaïque des communautés arbustives au sein de la toundra forestière. Les fréquences de Picea traduisent le faible éloignement du placeau forestier au Divide et son plus grand éloignement à Rectangular Lake. On pourrait tirer la même conclusion s'il s'agissait de l'analyse de sédiments anciens.

Les apports régionaux forment 10,1% au Divide et 6,4% à Rectangular Lake. Les apports de pollens exotiques restent modestes avec des valeurs inférieures à 1% mais différentes entre les deux sites. La différence qui existe dans les fréquences des apports régionaux et exotiques est faible mais statistiquement significative au niveau 0,05. Elle traduit une variation dans les conditions synoptiques des deux années, expliquée plus loin et dont on peut tenir compte dans une interprétation paléoclimatique.

SPECTRES POLLINIQUES HEBDOMADAIRES

L'évolution de la sédimentation pollinique des deux années se détermine à la lecture des sommes polliniques hebdomadaires (tableaux no. 1 et no. 2) et à l'examen des fréquences absolues hebdomadaires des principaux taxons (figure 2). Les totaux sont élevés pendant les premières semaines, ils chutent nettement durant le mois de juillet, et ils accusent des maxima secondaires ou tardifs en août (D10 et R7). Les histogrammes de Betula et de Picea illustrent très bien cette tendance en 1982.

D'une façon générale la sédimentation des pollens semble avoir été étalée sur une plus longue période en 1981 qu'en 1982. Ce fait apparaît clairement dans les histogrammes de Salix. La pluie pollinique semble avoir débuté plus tôt et s'être terminée plus tard en 1981.

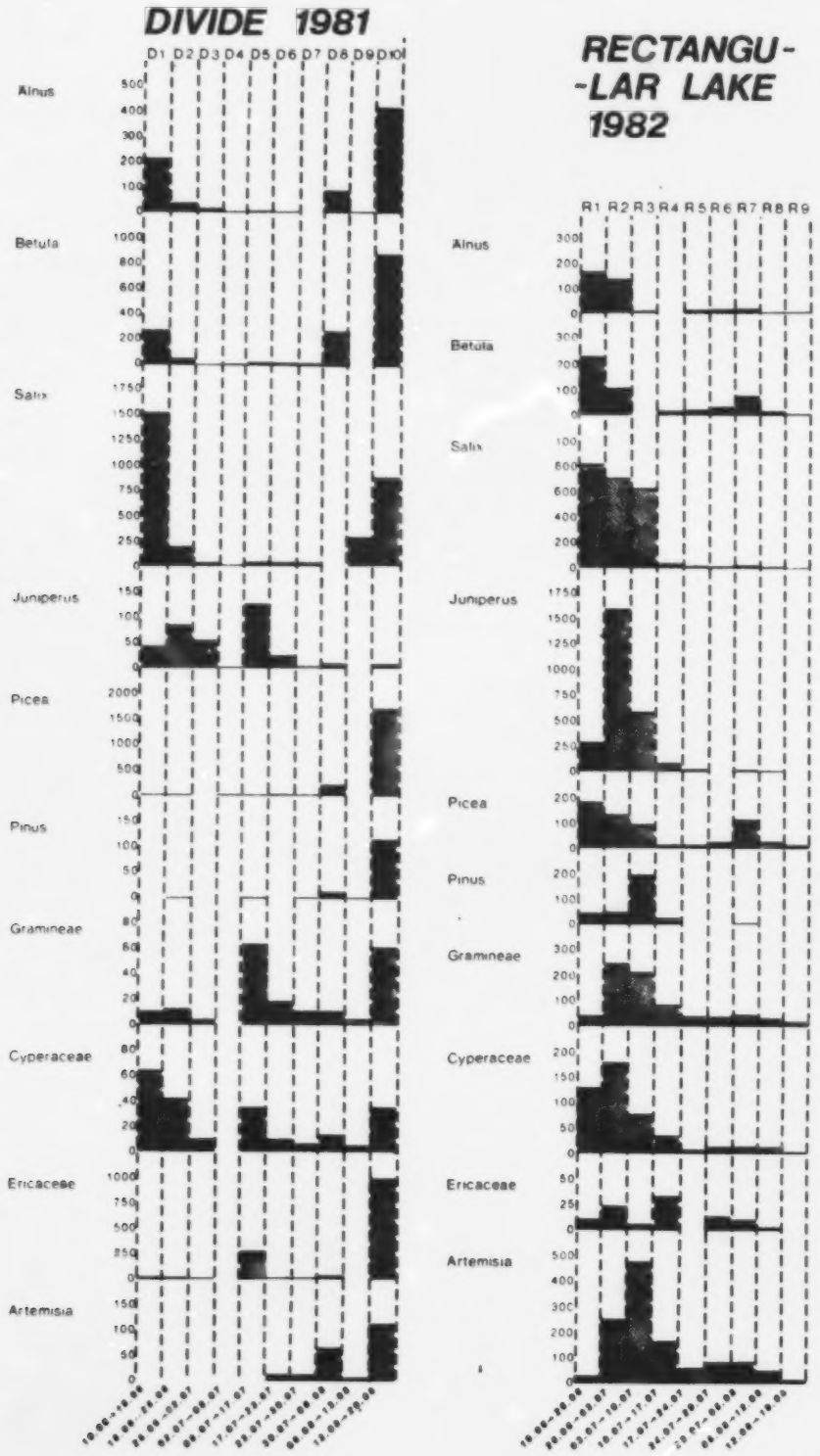

Figure no. 2: Histogrammes des fréquences absolues des taxons principaux en 1981 et 1982.

Les pluies polliniques recueillies en 1981 et 1982 ne couvraient pas l'entièreté des deux saisons polliniques. En effet les sommes polliniques hebdomadaires s'élèvent dès la première semaine à 23,5% du total en 1981 et 19,7% du total en 1982, alors qu'une période initiale telle que définie par Mullenders et al. (1972) n'atteint que 10% du total saisonnier. De plus, les fréquences absolues d'Alnus, de Betula, de Salix et des Cypéracées en 1981, et celles d'Alnus, de Betula, de Salix et de Picea en 1982 sont en diminution au début de nos périodes de recueil, ce qui indique que la pollination a commencé avant nos prélèvements. La comparaison des deux années montre aussi que la saison pollinique de 1981 a été plus précoce que celle de 1982. En effet une forte chute des fréquences absolues d'Alnus, de Betula et de Salix survient dès la 2^{e} semaine (D2) soit du 18 au 25 juin, tandis qu'en 1982 cette chute est plus tardive et marquée en R3 (du 3 au 10 juillet) pour Alnus et Betula et en R4 (du 10 au 17 juillet) pour Salix. Cette chute marque la fin de leur période principale de pollination, mais son caractère brutal en 1981 s'expliquera aussi par des conditions climatiques défavorables à la sédimentation pollinique. Notons encore qu'en 1981, Picea est moins bien représenté au début de la période qu'en 1982 alors que l'arbre est plus fréquent autour de la station du Divide qu'il ne l'est autour de la station Rectangular Lake. La même constatation apparaît pour Pinus dont les pollens sont régionaux. Ceci signifie que la période de pollination de ces taxons a précédé le début de nos prélèvements particulièrement en 1981 et que la sédimentation de leurs pollens a été interrompue très tôt dans la saison.

Comme les périodes de pollination sont intimement liées aux quantités d'énergie disponible et nécessaire à la phénologie des taxons, une comparaison des degrés-jours de dégel des deux années à Burwash explique le décalage d'une

à deux semaines qui semble évident à l'examen des fréquences polliniques hebdomadaires. Le seuil de 100 degrés-jours est atteint le 15 mai 1981 et le 29 mai 1982 soit avec 14 jours de retard, et celui de 300 degrés-jours le 10 juin 1981 et le 21 juin 1982 soit avec 11 jours de retard. Ce retard s'atténue fin juin et en juillet, et n'est plus perceptible dans la pluie pollinique.

La période fin juin - début juillet correspond à la pollination de Juniperus et des graminées. Les pics de Juniperus et des Graminées sont plus précoces en 1982 qu'en 1981 et pour Juniperus, la période de pollination est aussi moins longue en 1982. La pollination d'Artemisia est apparue nettement en juillet 1982 tandis qu'elle fut plus tardive en 1981. Les critères de températures n'explique donc pas le décalage des périodes de pollination de ces taxons. Par contre ces trois taxons sont plus fréquents sur les sites découverts environnant la station Rectangular Lake qu'ils ne le sont autour du Divide. Le retard de 1981 semble donc dû à des apports plus éloignés plutôt qu'à une dispersion tardive des pollens.

Au mois d'août, les sommes polliniques accusent des maxima tardifs en D10 et en R7. Ces maxima sont en partie dûs à la pollination de quelques plantes herbacées tardives mais aussi et surtout à la sédimentation des pollens de Picea, Betula, Alnus, Salix, Pinus, des graminées et d'Artemisia. Pour plusieurs de ces taxons, la fin de leur période de pollination et des conditions favorables à la sédimentation pollinique s'est marquée par la chute de leurs sommes polliniques au début juillet. Nous devrons donc examiner quelles sont les conditions qui, d'une part, maintiennent les pollens dans l'atmosphère et qui, d'autre part, favorisent la sédimentation des pollens restés en suspension dans l'air pendant une longue période.

LA CIRCULATION ATMOSPHERIQUE GENERALE

Le climat de l'Ouest canadien et de l'Alaska est conditionné par le comportement d'une grande cellule de basse pression subpolaire, la dépression des Aléoutiennes, pendant occidental de la dépression d'Islande; cette dépression des Aléoutiennes s'étend vers l'Est jusqu'au Golfe d'Alaska pendant les neuf mois les plus froids de l'année et se déplace vers le nord pour s'installer sur l'Alaska en été. Elle est alors remplacée sur le Golfe par un système de haute pression qui se renforce en juillet et peut s'étendre jusqu'au sud de l'Alaska et du Yukon (Hare and Thomas, 1979). Le front arctique qui, en janvier, s'appuie sur la Cordillière remonte pour longer le littoral arctique (Barry, 1967). Les conditions climatiques dans le sud-ouest du Yukon dépendent donc essentiellement de la position et de l'intensité de la cellule de haute pression pacifique: si elle est à une latitude plus basse, la trajectoire des dépressions traverse le Golfe; au contraire si elle s'étend plus vers le nord, cette trajectoire est repoussée sur le continent, voire le long du littoral arctique. Si l'on considère la fréquence des différentes masses d'air, on constate qu'à latitude égale le sud-ouest du Yukon subit dans l'ensemble une influence plus grande des masses d'air pacifiques que les régions voisines d'Alaska ou même du nord de la Colombie Britanique (Bryson et Hare, 1974). Selon Bryson (1966) utilisant la méthode des trajectoires des masses d'air, la fréquence de l'air arctique est d'environ 60% vers le 65^{e} parallèle pour n'être plus que de 10 à 20% vers 60^{o}N alors que celle de l'air pacifique, regroupant les facies "Alaskan" et "Yukon Pacific" varie en proportion inverse. A l'échelle régionale (entre 60 et 65^{o}N), la zonation thermique reflète bien ce régime opposant nettement la partie méridionale plus soumise aux influences d'air du Pacifique, essentiellement cycloniques, à la partie nordique, plus froide en hiver à cause

de la descente d'air arctique et chaude en été grâce à l'influence de la dépression des Aléoutiennes alors centrée sur l'Alaska (Lagarec, 1983). Cette translation latitudinale du système se reproduit d'une année à l'autre; ce qui change c'est la durée des mouvements et leur intensité. De là résultent des différences climatiques, comme celles que nous avons observées en 1981 et 1982.

Comparaison de la circulation en 1981 et 1982

Pour déterminer les principaux types de temps, nous avons étudié les relations entre les températures maximales de 5 stations situés dans un rayon d'environ 150 km autour de la vallée de Gladstone soit celles de Burwash (altitude: 799 m), Haines Junction (599 m), Otter Falls (830 m), Carmacks (523 m) et Fort Selkirk (454 m) (figure no. 1). Pour les périodes du 5 juin au 19 août 1981 et du 20 juin au 20 août 1982, nous avons procédé à une analyse de groupement des différentes journées que nous avons par la suite testée par une analyse discriminante afin d'obtenir des regroupements plus stables. Dans les 2 cas, 4 groupes ont été formés dont les caractéristiques apparaissent dans le tableau no. 3. Les résultats obtenus par cette méthode formert en général des séquences dont la longueur varie d'une année à l'autre. Afin de faciliter l'interprétation nous avons essayé de construire les séquences les plus longues possibles en perdant le minimum d'information. La confrontation de ces séquences avec les données de la figure no. 3 et avec les trajectoires de dépression montre une relation étroite entre les différentes informations. D'une manière générale, pour le sud-ouest du Yukon, on distingue 4 types de situations (figure no. 4):

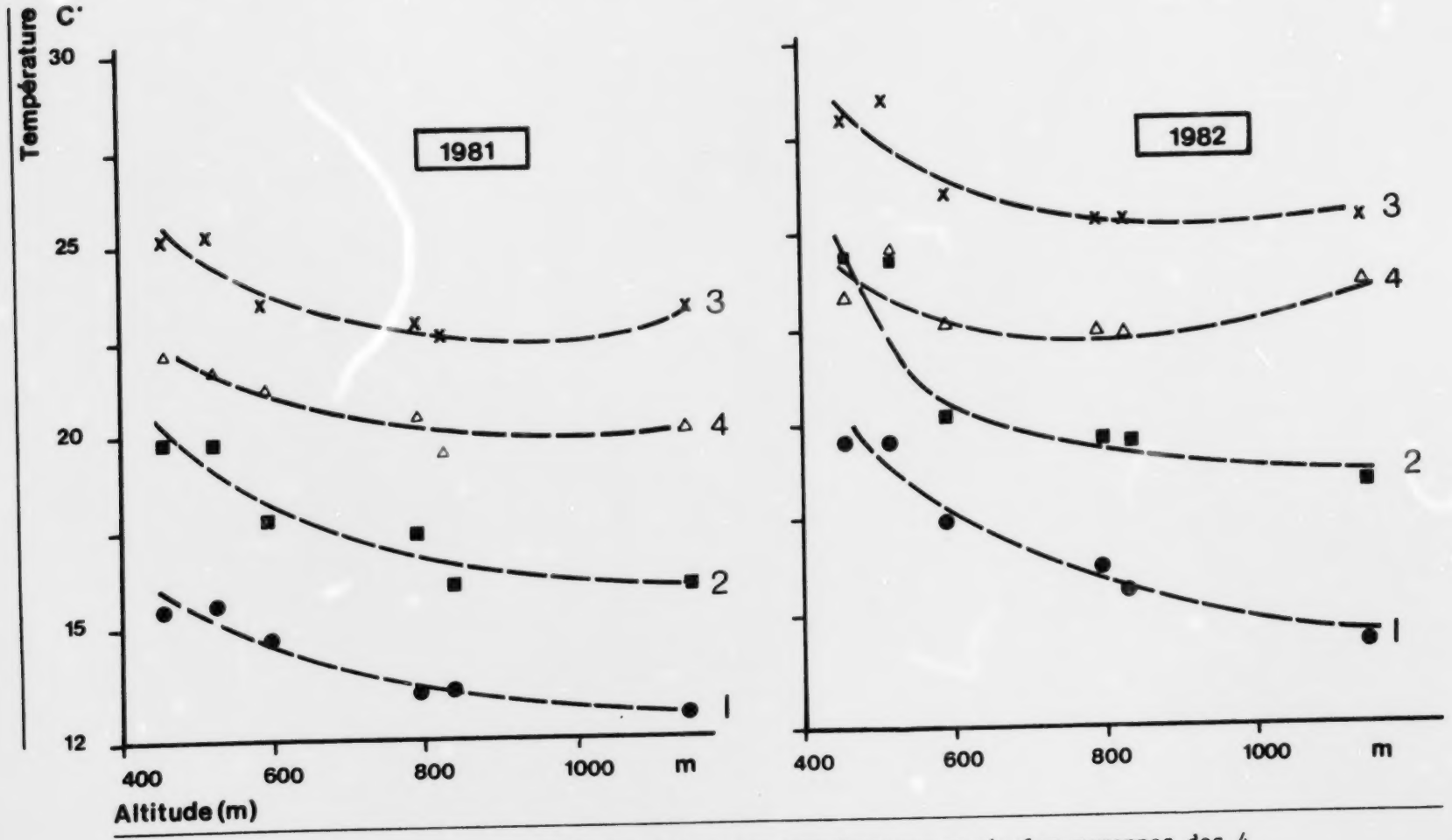

Figure no. 3: Relation entre les températures maximales moyennes des 4 types de temps et l'altitude des stations pour les étés de 1981 et 1982.

Type 1: le front arctique est bas, les dépressions traversent le Golfe d'Alaska avec une fréquence élevée. Ce temps perturbé se traduit par une baisse brutale de pression, des températures basses et des précipitations abondantes. C'est ce type que l'on retrouve au début juillet en 1981 ou le 16-17 juillet 1982.

Type 2: avec l'extension vers le nord de la haute pression pacifique, les dépressions suivent les Aléoutiennes, traversent l'Alaska avant d'atteindre le Yukon et provoquent un drainage d'air du sud-est. La pression se situe alors un peu en dessous de la normale, l'humidité relative est basse (minimum de 25 à 40%) et les températures s'élèvent. Une telle situation se produit de manière persistente du 28 juin au 10 juillet 1982. Le réchauffement de la masse d'air au-dessus du continent se traduit par une diminution du gradient thermique vertical.

Type 3: la remontée vers le littoral arctique de la trajectoire des dépressions s'accompagne d'une augmentation de pression, de températures qui sont alors les plus élevées, d'un air sec. La stabilité de l'air anticyclonique se traduit par un gradient vertical faible à nul et une augmentation de l'épaisseur de la couche de 1 000 à 500 mb. Le réchauffement de l'air au contact du continent se traduit par la formation d'un anticyclone chaud particulièrement à la fin juillet 1982.

Type 4: c'est en quelques sorte la culmination du type 3. Le front arctique s'appuie sur le littoral arctique; l'anticyclone pacifique pénètre sur le continent et occupe le sud-ouest du Yukon. Les températures sont un peu plus basses que pour le type 3 et

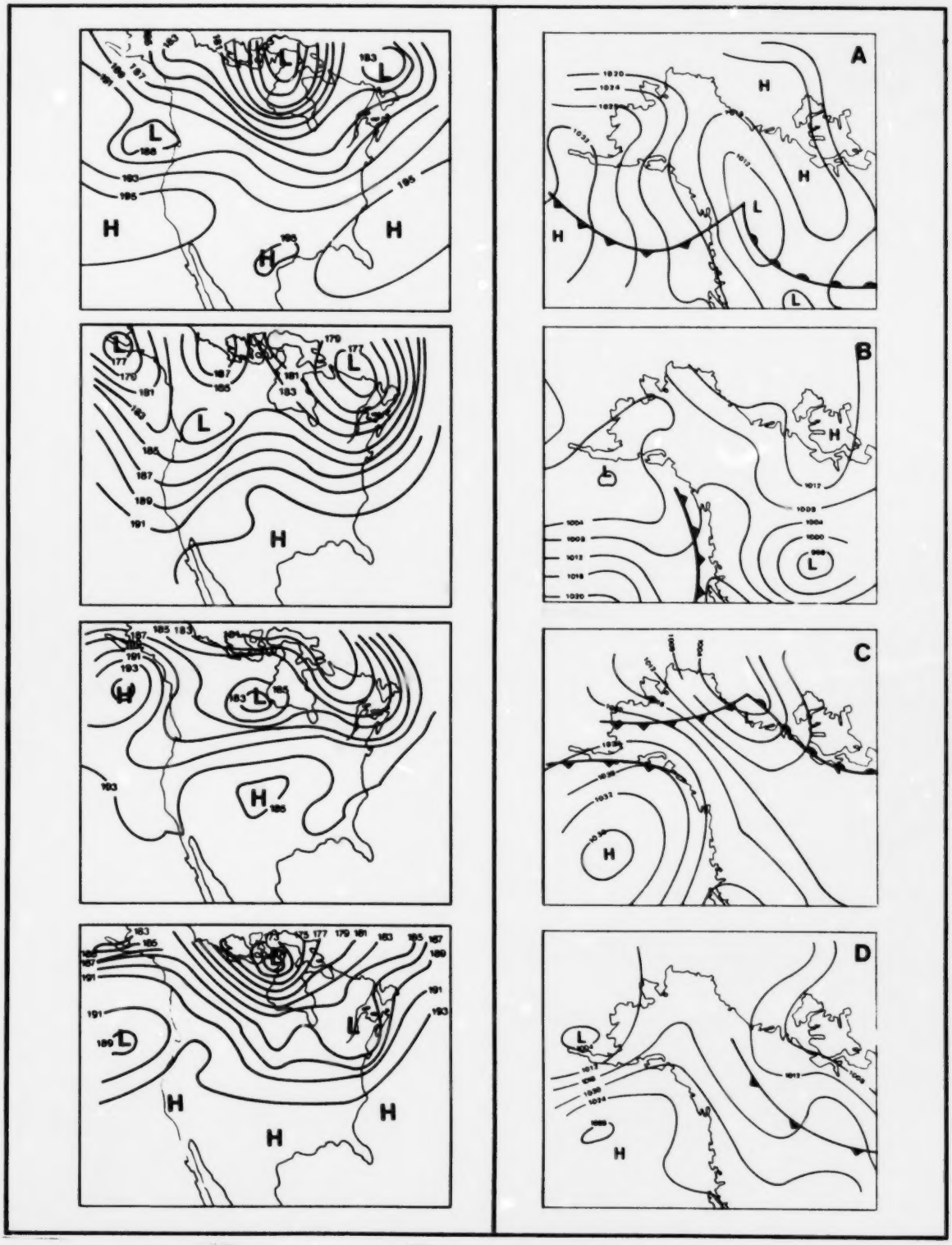

Figure no. 4: Illustration des 4 principaux types de temps dans le sud-ouest du Yukon pendant l'été de 1982.

l'humidité relative minimum peut descendre à 20%. Les précipitations sont nulles ainsi que le gradient thermique vertical.

Plus que les fréquences relatives de ces types dans le temps, c'est le rythme de leur succession qui détermine les caractères thermiques de l'été.

En 1981, après une séquence de type 1 initiale, on passe du 6 au 26 juin à une combinaison 1-2 qui se termine brutalement le 27 juin. Suit une séquence de près d'une semaine de type 1 après laquelle on aborde une longue succession qui va durer jusqu'au 2 août de temps de type 3-4 culminant vers le 23 juillet. Le reste du mois d'août est caractérisé par le type 2 avec quelques passages de type 4.

En 1982, on retrouve sensiblement la même séquence en juin quoique moins prononcée. A la fin de cette séquence, vers le 28 juin commence une longue période de près de 2 semaines appartenant au type 2. La progression vers le nord du système se traduit par l'apparition du type 3 vers le 20 juillet suivie de quelques jours de type 4. Début août, c'est le retour brutal au type 1 qui occupe la majeure partie du mois.

Globalement si l'on compare les fréquences des différents types pour l'ensemble de l'été, on remarque que les types 1 et 4 représentent sensiblement le même pourcentage. La principale différence se situe au niveau des 2 types intermédiaires: les trajectoires cycloniques continentales (type 2) baissent entre 1981 et 1982 de 41,2% à 28,6% alors que les situations d'invasion anticyclonique (type 3) augmentent de 16,2% à 24,5%.

Si l'on considère les moyennes estivales des températures maximales des 6 stations de référence utilisées pour l'analyse régionale, on constate que les valeurs pour 1982 sont de 2,5 à 4^{o}C plus élevés qu'en 1981. Le type 3 ayant les températures les plus fortes, on pourrait penser que cette différence est

imputable à l'augmentation de sa fréquence en 1982. Ce n'est pas le cas car on peut constater (tableau no. 3) que les 4 types ont des moyennes plus élevées en 1982.

Dans le rythme de succession des situations, les séquences sont plus stables et mieux définies en 1982 et cela se traduit par un écart-type plus réduit. Une autre conséquence de cette stabilité relative des conditions est la meilleure corrélation entre les stations (figure no. 5). L'amélioration est d'autant plus nette que les stations sont plus éloignées. Par exemple, entre Fort Selkirk et Haines Junction le coefficient de corrélation passe de 0,652 en 1981 à 0,796 en 1982. Ceci implique une différence d'échelle dans les variations thermiques: en 1982, les changements se font simultanément dans l'ensemble de la région et la stabilité des situations favorise l'uniformisation.

Les effets dans la vallée

On constate à partir du tableau no. 3 que pendant les temps à dominante anticyclonique, la température est relativement uniforme dans la région et, en particulier, qu'elle est très voisine à Burwash et dans la vallée; dans certains cas, cette dernière connaît même des températures plus élevées, en dépit de la différence d'altitude (environ 250 m). Le décalage présenté alors par les températures dans la vallée par rapport au gradient régional traduit l'importance de l'échauffement de la surface favorisé par un temps sec et clair. De cela résulte une forte turbulence dont le rôle est déterminant pour la sédimentation pollinique. Au contraire, par temps perturbés en provenance du Golfe, le rôle de l'altitude redevient déterminant et l'on observe un gradient vertical proche de l'adiabatique saturée.

Les relevés de la pluie pollinique ayant été effectués dans 2 sites différents, il convient de déterminer dans quelle mesure les variations observées

	Gladstone	Burwash	Haines Jct	Otter Falls	Carmacks
Burwash	0.913 / 0.950				
Haines Jct	0.811 / 0.901	0.837 / 0.918			
Otter Falls	0.926 / 0.929	0.906 / 0.924	0.899 / 0.931		
Carmacks	0.818 / 0.869	0.876 / 0.898	0.736 / 0.831	0.833 / 0.884	
Ft Selkirk	0.731 / 0.797	0.801 / 0.835	0.652 / 0.796	0.733 / 0.822	0.820 / 0.936

Figure no. 5: Matrice de corrélation des températures maximales entre stations pour les étés de 1981 (coin supérieur) et de 1982 (coin inférieur).

tant dans le rythme de la sédimentation que dans le spectre global dépendent des conditions atmosphériques. Une station météorologique a été installée au site Divide pendant les 2 étés, alors que le site de Rectangular Lake a fait l'objet d'observations en 1982 seulement. Il est donc possible, dans un premier temps, de comparer le comportement des 2 stations durant la période commune d'observation en 1982 (30 juin - 12 août) et ensuite celui de la station Divide pendant les deux étés.

En 1982, la température maximale a été en moyenne un peu plus élevée à la station Divide (19,7 $\pm$ 5,4°C) qu'à Rectangular Lake (19,0 $\pm$ 4,9°C). Au niveau des températures minimales, la différence est plus nette, toujours en faveur du Divide (6,7° $\pm$ 2,2°C contre 5,2 $\pm$ 2,5°C). La corrélation entre les stations, très bonne pour les maxima (r = 0,96) est plus faible pour les minima, plus influencés par les conditions locales (r = 0,76).

Les différences entre les stations sont beaucoup plus nettes quand on compare les vitesses et les régimes des vents. La vitesse horaire moyenne a été plus élevée à Rectangular Lake (12,0 $\pm$ 3,2 kmh) qu'au Divide (7,3 $\pm$ 1,7 kmh) avec un coefficient de corrélation de 0,63. Sur le plan des directions, on est frappé (tableau no. 4) par l'homogenéité de la station Divide où le vent du SE domine constamment s'intensifiant jusqu'à une fréquence supérieure à 50% en R5 et gardant à peu près la même valeur par la suite.

A Rectangular Lake, le régime est plus complexe. En R3 et R4 on observe aussi une dominante du SE passant, en R5 et surtout en R6, à une division à part à peu près égale de vents du NE et du SO, la composante SO s'intensifiant pour devenir dominante en R7 et R8.

Il apparaît donc que les 2 stations réagissent différemment sur le plan éolien. Ceci peut s'expliquer en bonne partie par l'orientation de la

	Stations	Types 1	2	3	4	Moyenne	Ecart-type
	Gladstone Cr.	12,6	16,0	23,2	20,0	17,0	2,1
1	Burwash	13,3	17,3	22,9	20,5	17,8	1,3
	Haines Junction	14,7	17,9	23,6	21,1	18,6	2,0
9	Otter Falls	13,2	16,0	22,8	19,5	17,0	1,7
	Carmacks	15,6	19,8	25,2	21,8	20,0	1,8
8	Fort Selkirk	15,5	19,9	25,1	22,1	20,0	1,8
1	Fréquence (%)	25,0	41,2	16,2	17,6		
	Gladstone Cr.	14,2	18,5	25,2	23,7	19,7	1,7
1	Burwash	16,2	19,5	25,3	22,5	20,4	1,3
	Haines Junction	17,4	20,1	26,0	22,7	21,1	1,6
9	Otter Fal	15,7	19,5	25,3	22,5	20,2	1,7
	Carmacks	19,4	24,3	28,7	24,6	23,9	1,3
8	Fort Selkirk	19,5	24,3	28,0	23,3	23,6	1,4
2	Fréquence (%)	30,6	28,6	24,5	16,3		

Tableau no. 3: Comparaison des températures maximales (^{o}C) accompagnant les différents types de temps pour 6 stations du sud-ouest du Yukon au cours des étés de 1981 et 1982.

	1		2		3		4		5		6		7		8		9	
	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D	R	D
N	0,6	-	1,5	-	4,3	11,5	10,3	5,5	2,5	2,5	0,8	2,5	0,8	7,0	3,5	12,0	1,9	-
NE	8,0	-	15,4	-	1,2	9,7	4,2	7,3	26,1	2,5	33,9	5,1	18,3	3,7	15,6	3,4	12,6	-
E	30,2	-	50,7	-	3,1	2,4	5,4	7,9	3,1	5,0	7,6	3,4	3,3	3,3	5,2	1,7	11,3	-
SE	10,5	-	19,8	-	52,2	24,8	44,2	37,8	18,9	55,9	5,1	52,5	2,5	54,9	5,2	53,4	7,6	-
S	1,8	-	2,2	-	11,8	19,4	12,1	16,5	8,9	18,6	2,5	12,7	5,8	10,3	20,9	13,8	3,8	-
SO	6,8	-	3,6	-	3,1	10,3	3,0	4,3	23,9	5,0	39,8	7,6	59,1	6,1	45,2	5,1	32,3	-
O	26,5	-	16,9	-	3,1	4,2	3,6	0,6	12,1	2,5	8,5	2,5	7,5	3,3	3,5	1,7	27,8	-
NO	15,4	-	8,1	-	19,8	17,6	16,9	18,3	5,7	8,1	1,7	13,5	2,5	11,3	0,8	8,6	2,5	-

Tableau no. 4: Fréquence des directions de vent aux stations Rectangular Lake (R) et Divide (D) pendant 9 semaines (1 à 9) du 18 juin au 19 août 1982.

vallée. Au Divide, la direction dominante est toujours plus ou moins parallèle à l'axe de la vallée et ce caractère ne fait que s'accentuer au cours de l'été; les périodes de temps anticycloniques n'ont pas d'expression particulière. Toutefois on constate, lorsque les séquences cycloniques sont plus importantes, un renforcement de la dominante. A Rectangular Lake, au contraire, on remarque que les vents obliques voire perpendiculaires à l'axe de la vallée au début de la saison, deviennent parallèles à celui-ci avec l'avénement de temps à dominante anticyclonique.

Comme nous l'avons vu précédemment les températures ont été un peu plus froides en 1981 mais le régime des vents à la station Divide a été caractérisé par une forte dominance des vents d'est tendant à s'atténuer en D9 et D10 périodes pendant lesquelles les vents sont devenus plus variables.

Ainsi, malgré des régimes synoptiques différents, les régimes des vents au Divide semblent relativement constants en raison de l'orientation de la vallée dans l'axe des vents régionaux les plus fréquents. Dans ce cas et pour cette dernière raison le rôle de la vallée ne peut être qu'un renforcement ou une atténuation des dominantes.

A partir des régimes observés en 1981 et 1982, peut-on définir ceux qui favorisent la sédimentation des pollens? Si l'on retient les principales périodes de l'influx pollinique soit D1 et D10 en 1981 et R2, R7 en 1982 on remarque que les plus abondantes (D10 et R2) correspondent à des vents variables avec une opposition à peu près égale de 2 directions et des calmes de 11 à 14%. Les deux autres (D1 et R7) ont des régimes à une direction dominante mais sont surtout caractérisées par des calmes importants (respectivement 18,5 et 20,3%).

LES CONDITIONS SYNOPTIQUES DE LA SEDIMENTATION POLLINIQUE

En définitive c'est donc bien par temps anticyclonique que le climat de la vallée est le mieux individualisé, alors qu'au contraire par temps cyclonique la vallée se différencie peu de l'ensemble régional. L'influence de la circulation générale que nous venons de déceler au niveau climatique s'exerce-t-elle aussi en ce qui concerne la pluie pollinique?

La distribution de cette dernière dans les 2 étés considérés est bimodale avec un maximum en juin et un maximum secondaire tardif particulièrement marqué en 1981. Les périodes de forte pollination se produisent pendant des situations cycloniques succèda à une séquence anticyclonique de plusieurs jours. Par le fait même, elles sont caractérisées par une baisse brutale de la température maximale atteignant jusqu'à 11^{o}C en 24 heures entre R6 et R7. La couche de 1 000 à 500 mb se contracte avec comme résultat une augmentation soudaine de l'humidité relative et le plus souvent, mais pas toujours, des précipitations abondantes. En général les vents deviennent plus variables et le pourcentage de calmes augmente de façon significative par rapport à la période précédente. Ces changements sont dus à un passage rapide de flux zonaux à des flux du secteur sud voire à des situations de blocage provoquant en surface un drainage d'air de secteur sud-ouest à sud-est.

La figure no. 4a illustre un type de situation correspondant au maximum principal (20 juin) et au maximum secondaire (31 juillet) de l'été 1982. On constate dans ce cas des centres de haute pression sur le Pacifique et les Territoires du Nord-Ouest et une basse pression sur le Yukon.

Sur la figure no. 6 si le cas de R7 est bien net celui du premier maximum appelle quelques commentaires. Si on le compare avec D1 on constate que la fin du maximum est plus étalée en 1982 qu'en 1981. La terminaison

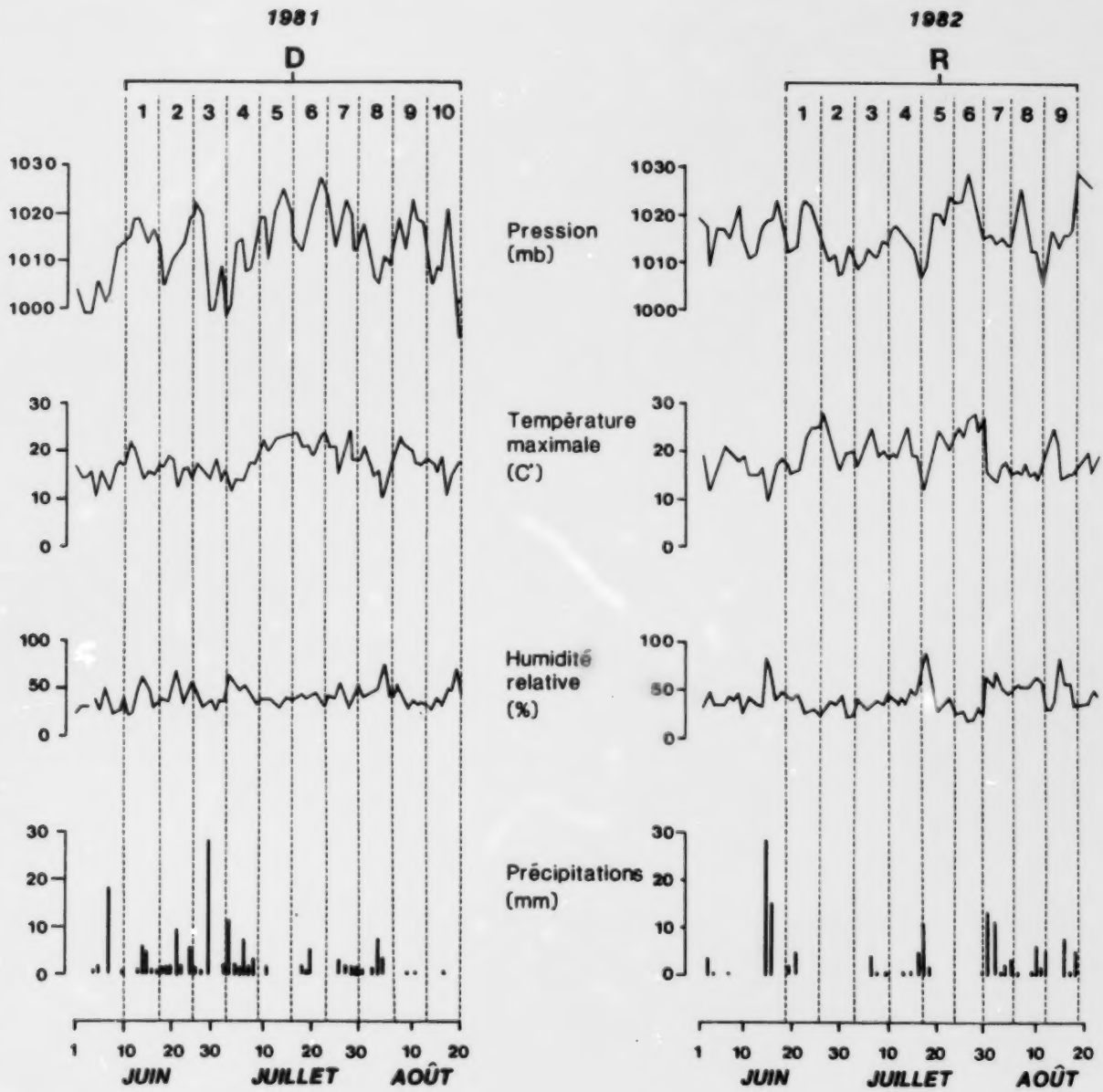

Figure no. 6: Comparaison de données météorologiques pour les étés de 1981 et 1982 à Burwash.

brutale de 1981 s'explique par l'apparition de temps anticycloniques en D2 alors qu'en 1982, à part une brève séquence de hautes pressions du 22 au 25 juin, la période du 26 juin au 10 juillet est caractérisé par le passage constant de dépressions amenant la répétition de situation semblables à celles illustrées sur la figure no. 4b et favorable à la sédimentation pollinique. Ceci étale donc sur une plus longue période la diminution de l'influx pollinique. Par la suite, l'apparition de conditions anticycloniques (figure no. 4c et d) empêche la déposition des pollens encore en suspension et celle-ci se produit dès le retour de temps cycloniques prolongés. L'abondance du maximum secondaire de 1981 peut s'expliquer par le nombre important de pollens encore dans l'atmosphère au moment de l'installation d'un régime anticyclonique quasi permanent.

Le cas de Pinus dont le maximum en 1982 est en R3, fournit aussi un enseignement intéressant pour la compréhension de la présence de pollens d'origine externe, régionale dans ce cas-ci: la persistance sur une assez longue période de situations cycloniques permet le dépôt de ces pollens que l'on ne retrouve pratiquement plus dans le maximum secondaire. En 1981 au contraire les pollens de Pinus ne sont guère enregistrés au début de nos prélèvements et ne se trouvent que dans le maximum secondaire. Pendant la période précédant la pollination des espèces locales, on ne constate pas de drainage d'air en provenance du S.E. favorable au transport du pollen de Pinus vers Gladstone. L'absence de ce pollen en D1 et D2 s'expliquerait donc par le fait qu'il n'est pas encore présent dans l'atmosphère de la vallée. Par rapport à l'ensemble des pollens arboréens, ils ne représentent que 2,2% en 1981 contre 4,6% en 1982. Il semblerait donc que la part des pollens régionaux par rapport aux pollens locaux soit fortement dépendante de la circulation atmosphérique générale.

En conclusion, d'une part l'allure saisonnière de la pluie pollinique est influencée par la succession des types de temps. Dans le cas de la vallée

Gladstone les temps anticycloniques favorisant l'expression du climat de la vallée et une forte turbulence inhibe la sédimentation pollinique qui est au contraire favorisée par des temps cycloniques qui atténuent les effets de la vallée. Sur le plan synoptique, la situation idéale est représentée par les cas de la figure 4b, hautes pressions sur le Golfe d'Alaska et les Territoires du Nord-Ouest et basse pression sur le Yukon; ceci correspond au type de temps no. 2 qui par sa durée prolongée au début juillet 1982 a favorisé la sédimentation des pollens régionaux et exotiques.

L'association de l'augmentation de la sédimentation pollinique à des périodes pluvieuses n'est pas systématique comme le soulignent par ailleurs Christie et Ritchie (1969). Des maxima tardifs décrits dans les Alpes et associés à des périodes pluvieuses ont été interprétées comme des lavages de l'atmosphère (Markgraf, 1980). D'autres maxima tardifs ont été interprétés comme des remises en suspension des pollens piégés sur les branches d'arbres et les feuilles (Tauber, 1967). Nos résultats démontrent que l'interprétation de Tauber (1967) n'est pas applicable dans note étude puisque les pics tardifs résultent notamment de l'apport de pollen externe à l'environnement local (Pinus, Alnus). De plus ces maxima ne sont pas nécessairement dus au lavage de l'atmosphère puisqu'il n'a pas plu en D10. Les maximas secondaires tardifs apparaissent durant des périodes cycloniques qui permettent la sédimentation des pollens restés jusque là en suspension dans l'atmosphère. De telles conditions provoquent généralement des pluies, mais ce n'est pas systématique.

CONCLUSION

Des descriptions précédentes on déduira brièvement que les deux étés ont été principalement sous l'influence des masses d'air anticyclonique soit

d'origine continentale (type 1) en juin et août, soit en provenance du Pacifique (type 3-4) en juillet. Les hautes pressions du Pacifique sont continentalisées et se traduisent par une augmentation de température et l'établissement d'inversions thermiques qui favorisent une forte turbulence de l'air près de la surface et le maintien des pollens en suspension dans l'air. L'air est sec dans la région malgré l'origine océanique. Le passage des dépressions cycloniques (tyye 2) s'accompagne d'une compression des masses d'air et favorise la sédimentation pollinique.

Si la longueur des périodes cyclonique d'une part, ou anticyclonique d'autre part, s'allongent, ou encore si leur longueur se répète d'année en année, la sédimentation pollinique se répètera aussi, suivant les mêmes tendances, et traduira donc les conditions climatiques à long termes. Ceci est particulièrement important pour les taxons régionaux et exotiques.

REMERCIEMENTS

Cette étude a été réalisée grâce aux subventions A6888, N0017 et A7992 du Conseil de recherches en sciences naturelles et en génie du Canada.

Nous remercions vivement les étudiants qui nous ont assistés sur le terrain et au laboratoire: Marthe Béliveau, Ian Campbell, Véronique Dewez, Susan Lemaître, Alain Mercier et François Sarrazin.

BIBLIOGRAPHIE

BARRY, R.G. 1967. Seasonal location of the Arctic front over North America. Geographical Bull., vol. 9, no. 2, p. 79-95.

BASSETT, I.J., C.W. CROMPTON, and J.A. PARMELEE. 1978. An Atlas of airbone pollen grains and common fungus spores of Canada. Biosystematics Research Institute Ottawa, Ontario, Research Branch Canada, Department of Agriculture, Monographs no. 18, Minister of Supply and Services, Canada, Hull.

BRYSON, R.A. 1965. Air masses, streamlines and boreal forest. Geographical Bull., vol. 8, no. 3, p. 228-269.

BRYSON, R.A. and F.K. HARE. 1974. The climates of North America. In Climates of North America, World Survey Climatology, vol. 11, Elsevier, Amsterdam, New York, p. 1-47.

CHRISTIE, A.D. and J.C. RITCHIE. 1969. On the use of isentropic trajectories in the study of pollen transports. Naturaliste Can., 96, p. 531-549.

ELIAS, T.S. 1980. The complete guide to North America trees. Time Mirror Magazine, Inc., New York.

HARE, F.K. and M.K. THOMAS. 1979. Climate Canada. J. Wiley & Sons Canada Ltd., 2nd edition, Toronto, 230 p.

HOSIE, R.C. 1978. Arbres indigènes du Canada. Traduit et adapté de l'anglais, d'après l'ouvrage de R.C. Hosie, Native trees of Canada, 7^{e} édition, Fides, Montréal.

HULTEN, E. 1968. Flora of Alaska and Neighboring Territories. A manual of the vascular plants, Stantford University Press, Standford, California.

LAGAREC, D. 1983. Thermal regimes in Southern Yukon. Abstracts, 34th Alaska Science Conference, p. 135.

LEJOLY-GABRIEL, M. 1978. Recherches écologiques sur la pluie pollinique en Belgique. Acta Geographica Lovaniensia, 13, 460 p.

MARKGRAF, V. 1980. Pollen dispersal in a Mountain area. Grana 19, p. 127-146.

MULLENDERS, W., M. DIRICKX, D. VAN DER HAEGEN, Y. BASTIN-SERVAIS et M. DESAIR-COREMANS. 1972. La pluie pollinique à Louvain. Heverlee en 1971, Louvain Méd. 91, p. 159-176.

PORSILD, E.A. and W.J. CODY. 1980. Vascular plants of continental Northwest Territories, Canada. Musée National des sciences Naturelles, Ottawa.

TAUBER, H. 1967. Investigations of the mode of pollen transfer in forested areas. Rev. Palaeobotan. Palynol., 3, p. 277-286.

TAYLOR, R.L. and B. MacBRYDE. 1977. Vascular plants of British Columbia. A descriptive resource inventory. Technical Bulletin no. 4. The botanical garden. The University of British Columbia Press, Vancouver.

NOTES DE RECHERCHE / RESEARCH NOTES

* 1. P.G. Johnson, "The Degradation of the Donjek Glacier Neoglacial Moraine, St-Elias Mts., Yukon Territory, Canada", 9 p., February 1972, $0.50.

* 2. C.L. Dudley, "A Note on Reinvestment Assumptions in Choosing Between Net Present Value and Internal Rate of Return", September 1972, $0.50.

* 3. L. Ploegaerts, "Étude critique et comparative des plans d'urbanisme et de développement municipaux préparés depuis 1967 sur le territoire de la Communauté Régionale de l'Outaouais", 81 p., mars 1973, $1.25.

* 4. J.E. (McCabe) Albert and P. Harrison, "Juridictional Problems of New-Brunswick Coastal Zones", 32 p., May 1974, $1.50.

* 5. C.L. Dudley, "A Theoretical Financial Analysis of the Long Term Subsidy Value of the Regional Development Incentive Program in Canada: 1969-1972; A Summary", 32 p., October 1974, $1.50.

6a. M. Kugler-Gagnon, "Computer Processing of Geological and Geotechnical Data for Urban and Land-Use Planning", 29 p., March 1975, $1.50.

6b. M. Kugler-Gagnon, "Traitement informatique des données géologiques et géotechniques pour l'aménagement urbain et péri-urbain, 28 p., mars 1975, $1..50.

7. C.L. Dudley, "The Weakness of Financial Location Incentives in Promoting Regional Development", 39 p., April 1975, $1.50.

8. P. Harrison, "Spatial Externalities and the Problem of Resource Control", 15 p., May 1975, $1.00.

9. P.G. Johnson, D. Cossette, D. Conway, C. Lok, "Preliminary Report: Environmental Controls on Geomorphologic Processes, Grizzly Creek, South West Yukon Territory", 108 p., August 1976, $4.00.

* 10. L. Ploegaerts, "Étude comparative des plans de zonage sur le territoire de la Communauté Régionale de l'Outaouais", 95 p., mai 1976, $4.00.

11. G.P.F. Steed, "An Historical Geography of the Canadian Clothing Industries: 1800-1930's", 52 p., November 1976, $2.75.

12. R.A. Roberge, "Investment Decisions, Comparative Costs, and the Evolving Location Pattern of the Canadian Pulp and Paper Industry", 38 p., December 1976, $2.00.

* Réserve épuisée / Out of stock

13. P.F. Ricci, "Spatial Analysis Through Carrying Capacity", 24 p., January 1977, $1.75.

14. P. Harrison, "Spatial Demand Under Conditions of Substitution: A Disgrammatic Exposition", 20 p., Februrary 1977, $1.50.

15. P.F. Ricci, "From Public Announcement to Completed Construction: A Study of the 12 year Impact of a Water Resource Project on Property Values", 23 p., June 1977, $1.75.

16. P.F. Ricci, and V. Maclaren (ed.), "Selected and Annotated Readings on Planning Theory and Practice", 72 p., September 1977, $3.00.

17. R. Wesche, "Modern Agricultural Settlement in Rondonia, Brazil", 31 p., August 1977, $1.50.

18. P. Harrison, "Decision Information and Coastal Management: Some Preliminary Remarks", 15 p., August 1978, $1.50.

19. A.G. Lewkowicz, "An Approach to the study of Surface Wash: The Case of the Laboratory for Experimental Geomorphology, Leuven, Belgium", 42 p., April 1978, $2.50.

20. V. Berdoulay, "Notes sur les idéologies comme l'objet d'étude géographique", 23 p., mars 1979, $1.75.

21. S. Ansari, "Spatial Variations in Levels of Socio-Economic Development of Ontario and the Industrial Structure: an Empirical Test", 66 p., March 1979, $4.50.

22. D.A. St-Onge, "Forages au roc, Région Nord de Montréal", 113 p., juillet 1979, $8.00.

23. M. Phipps, "Information Theory and Spatial-Ecological Analysis: The "Pegase" Procedure, 45 p., 2 fig., September 1979, $3.00.

24. G.P.F. Steed and M. Appana, "Preservation, Rationalization and Orderly Adaptation: Canada's Footwear Sector", 35 p., September 1979, $2.50.

25. Felix A. Kwamena and Peter Harrison, "Canada's Offshore Resources: Frameworks for Management", 215 p., November 1979, $12.50.

26. Peter Harrison, "Managing Canada's Ocean Area: Institutions, Client Groups, and Co-ordination", 30 p., December 1979, $2.00.

27. Felix Kwamena, "Canada's Offshore Resources: The Problem of Integrated Planning in Canada's 200-mile Economic Zone", 27 p., December 1979, $2.00.

28. Peter Harrison, "Canada: Energy Futures, Energie et l'Avenir", 61 p., April 1980, $5.00.

29. Michel Phipps, "Recherches écologiques pour l'aménagement forestier: Les Cédraies du Moyen Atlas du Sud-Ouest".

    a) Le contexte, 38 p., juin 1980, $2.50.

    b) L'approche méthodologique et l'espace écologique, 75 p., janvier 1981, $5.50.

    c) Les types de communautés végétales, 122 p., mars 1981, $5.50.

30. Guy Steed, "National Circumstances, Expectations Conflict and Compromise: Canada's Textile and Clothing Policy", March 1981, $2.50.

31. Peter Harrison, Charles Brassard, Donald Wright, "Capital Expenditures to Develop the Hibernia Field: Sectoral and Spatial Distributions of Impacts", June 1981, $3.00.

32. Edmond Kayser, "Les routes et le développement des transports au XIXe siècle: la formation des réseaux luxembourgeois", 32 p., août 1981, $2..50.

33. Don Tate, "The Analysis of Manufacturing Employment in Canada Using Shift-Share Analysis: An Examination of Methodology and an Empirical Test", 66 p., December 1982, $6.00.

34. Véronique Dewez et Daniel Lagarec, "La dualité glaciaire - périglaciaire et l'origine de certaines formes dues à la fonte de glace", 77 p., juin 1982, $7.00.

35. Ghyslain Poulin et Michel Phipps, "Ambiance et structure forestières: Une méthode d'approche pour l'étude du loisir en forêt", 33 p., août 1982, $2.50.

36. Marie-Anne Geurts, "Observations géomorphologiques dans la région de Huamachuco, Andes centrales péruviennes", 27 p., octobre 1982, $2.50.

37. R. Needham, "The Cosmopolite - Localite Model: Newspaper Types and Natural Hazard Information Potentials", 42 p., November 1982, $3.50.

38. P. Vasconcelos, "Le secteur informel urbain", 81 p., septembre 1982, $7.00.

39. M.-A. Geurts, D. Lagarec, F. Sarrazin et S. Lemaître, "Pluie Pollinique de l'été 1982 dans la vallée du Gladstone Creek (Yukon), 39 p., Mai 1983, $4.00.

40. M. Phipps, "Étude d'un processus de recolonisation par le cèdre (Cedrus Altantica Man.) Analyses de configuration du peuplement", 66 p., Mai 1983, $6.00.

41. R. Roberge, "A Spatial Information System for Predicting Hazard at Railway Crossings", 24 p., October 1983, $3.50.

42. A. Gilbert, "Les abandons de ferme et la concentration de l'habitat dans l'Outaouais rural québécois", Ingo Eberle (Mayenne), traduit par Anne Gilbert (Ottawa), 36 p., novembre 1983, $4.00.

43. P. Johnson, "Glaciological Conditions and Geomorphological Interpretation", 20 p., November 1983, $3.00.

44. P. Johnson, "Holocene Glaciological Conditions, Southwest Yukon", 19 p., November 1983, $3.00.

45. E. Kayser and F. Kwamena, "The Atlantic Fisheries and Community Development: A Conceptual Framework", 23 p., July 1984, $3.50.

46. D. Lagarec et M.-A. Geurts, "Les caractéristiques climatiques de la pluie pollinique dans la vallée du Gladstone Creek, Chaine Ruby, Territoire du Yukon", 33 p., décembre 1984, $4.00.